

Troisième partie

LES OUTILS ET LES MÉTHODES

Il existe près d'une centaine d'outils et de méthodes¹ destinés à améliorer les opérations et la productivité. Certains sont très spécifiques, d'autres plus polyvalents et multi-usage. Au quotidien, un responsable opérationnel en utilise une petite dizaine environ et en activera d'autres à l'occasion.

Cette troisième partie présente une sélection restreinte d'outils et de méthodes qui méritent d'être connus ou rappelés.

Le tableau ci-dessous présente chacun d'eux très synthétiquement. Le lecteur en trouvera ensuite le détail dans les chapitres suivants.

1. La distinction entre *outil*, *méthode*, *philosophie* ou encore *approche* est parfois délicate et alimente des débats passionnés.

Rapport A3	
À quoi cela sert-il ?	Présentation et/ou restitution synthétique et structurée de la résolution d'un problème, de l'avancement d'un projet
En quoi cela consiste-t-il ?	Une présentation standardisée sur une feuille de papier A3
Pourquoi dans cette sélection ?	Outil simple et pratique de communication et de partage
5S	
À quoi cela sert-il ?	Rendre les postes et les environnements de travail aptes à un travail de qualité, efficient et sécurisé Rendre l'ordre et la propreté (ou leurs contraires) visibles
En quoi cela consiste-t-il ?	Trier l'utile de l'inutile, faire place nette, ordonner et ranger, nettoyer et tenir propre, établir les règles et améliorer en permanence
Pourquoi dans cette sélection ?	Bien que relativement connus, les 5S sont sous-estimés et trop souvent négligés
Brainstorming	
À quoi cela sert-il ?	Générer un maximum d'idées et de suggestions de manière participative Poser un problème et chercher des solutions avant de se lancer dans la première idée venue
En quoi cela consiste-t-il ?	Utiliser la créativité d'un groupe de participants
Pourquoi dans cette sélection ?	Apparemment connue dans les entreprises, cette méthode est rarement réellement appliquée, et peu de managers et d'encadrants savent l'animer
Diagramme causes-effet	
À quoi cela sert-il ?	Ordonner, analyser, stimuler, résoudre des problèmes...
En quoi cela consiste-t-il ?	Construire un diagramme en forme d'arêtes de poisson
Pourquoi dans cette sélection ?	C'est un outil multifonctions trop peu connu mais qui devient extrêmement populaire après initiation des opérationnels
Diagramme de Pareto	
À quoi cela sert-il ?	Analyser, se focaliser sur les points les plus importants, aider la prise de décision et communiquer
En quoi cela consiste-t-il ?	Construire un graphique dit <i>de Pareto</i>
Pourquoi dans cette sélection ?	C'est un outil de base utile et sous-utilisé

Value Stream Mapping	
À quoi cela sert-il ?	Cartographier les processus
En quoi cela consiste-t-il ?	Représenter graphiquement les opérations et le flux d'information
Pourquoi dans cette sélection ?	C'est l'outil roi du lean manufacturing : à connaître !
Cellule en U	
À quoi cela sert-il ?	Optimiser l'espace et l'emploi des personnels
En quoi cela consiste-t-il ?	Organiser l'environnement de travail
Pourquoi dans cette sélection ?	Outil cohérent et utile pour la recherche de productivité
Chaku-Chaku	
À quoi cela sert-il ?	Cadencer le travail
En quoi cela consiste-t-il ?	Optimisation des opérations par la conduite multi-machines
Pourquoi dans cette sélection ?	Évolution possible des cellules en U Solution pour accroître la productivité
SMED	
À quoi cela sert-il ?	Réduire le temps non productif d'une machine durant un changement de série, d'outil, de format, etc. On récupère ainsi une partie de la capacité gaspillée
En quoi cela consiste-t-il ?	Ordonner les opérations et le travail, les simplifier, faire bon du premier coup
Pourquoi dans cette sélection ?	C'est un gisement de gain important pas toujours (suffisamment) connu et exploité. Si la méthode reste identique depuis des dizaines d'années, les évolutions réglementaires récentes peuvent limiter ou interdire certaines solutions
Automaintenance – maintenance de niveau 1	
À quoi cela sert-il ?	Impliquer et responsabiliser les opérateurs
En quoi cela consiste-t-il ?	Déléguer des tâches simples aux opérateurs afin qu'ils prennent en charge une partie de l'entretien courant
Pourquoi dans cette sélection ?	Permet d'augmenter significativement la disponibilité opérationnelle des machines, donc leur TRS, et par conséquent la productivité

1 Rapport A3

Le *rapport A3* est un outil de présentation et/ou de restitution synthétique et structurée de la résolution d'un problème ou de l'avancement d'un projet.

Le paradoxe constaté dans bien des chantiers lean, où l'on chasse intensivement tous types de gaspillages, est que les travaux de groupe, les rapports, les plans d'action le plus souvent écrits spontanément et à la volée sur papier, sont saisis sur informatique pour être imprimés. Cette ressaisie, le temps qu'elle consomme et l'impression sont des gaspillages, amplifiés par les efforts de créativité et de style dont font preuve les personnels chargés de la mise au propre.

Le rapport A3, pratique mise en place par Toyota, consiste à faire figurer l'ensemble d'un problème – son analyse, les actions correctives et le plan d'action correspondant – sur une seule feuille de papier de dimension A3 (297 × 420 mm), le plus souvent agrémenté de graphiques afin de privilégier la communication visuelle. Notons que l'espace limité de la feuille encourage à utiliser des éléments visuels, généralement plus synthétiques.

Le choix initial du format A3 tient au fait que c'est la taille maximale acceptée par un télécopieur, comme l'explique Jeffrey Liker¹.

1. Jeffrey Liker, *Le Modèle Toyota, 14 principes qui feront la réussite de votre entreprise*, Village mondial, 2006.

Les dimensions réduites du format imposent d'avoir de la rigueur, de l'esprit de synthèse et d'aller à l'essentiel. Le document est standardisé au sein de l'entreprise, de sorte que tout « visiteur » puisse comprendre et retrouver instantanément les informations essentielles sur n'importe

quel A3 qu'il découvre. La logique du document se base sur le PDCA (Plan, Do, Check, Adjust).

Dans l'exemple présenté par Liker¹, les trois premiers des six cadres standardisés sont réservés à la présentation de la situation, afin de permettre de l'appréhender correctement :

- le titre;
- le contexte, reprenant les faits, les chiffres, les attentes et/ou les objectifs, le plan;
- la situation actuelle, analysant les besoins ou les conditions;
- les recommandations, comportant les descriptions synthétiques des coûts et des avantages;
- la mise en œuvre, donnant quelques détails;
- le suivi, regroupant les objectifs visés, les délais et les indicateurs de mesure.

Le rapport A3 condense également les restitutions de fin de chantier, les éléments étant déjà présentés de manière synthétique.

Les participants peu expérimentés se sentiront d'autant plus à l'aise pour présenter les résultats qu'il n'y a pas grand risque de « se perdre ».

Par ailleurs, les bavards ou ceux qui s'éparpillent aisément seront cadrés ou recadrables par le biais du rapport A3.

Les données chiffrées sont importantes, car elles rendent les éléments appréciables objectivement et sont indépendantes des langues et des cultures, ce qui n'est pas le moindre de leur avantage dans des groupes internationaux.

1. Jeffrey Liker, *op. cit.*, page 306.

Voici un exemple de rapport A3.

Date dernière mise à jour	TITRE				
Personne en charge					
Présentation synthétique du contexte et situation de départ	Plan, graphiques				
Attentes, objectifs	Causes identifiées – actions lancées	KPI – mesure ?	Date limite	Qui ?	Statut
Mesures conservatoires en attendant solution ?	Conclusion – standardisation			Validation	
				Nom	
				Date	

2 5S

L'expression «5S» désigne une démarche dont le sigle rappelle cinq verbes d'action (débarrasser, ranger, nettoyer, standardiser, progresser), qui, en japonais, commencent tous – dans les transcriptions en alphabet occidental – par la lettre «S» (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*). Ces cinq verbes d'action ainsi que l'ordre dans lequel ils sont énumérés forment tout à la fois un moyen mnémotechnique et un mode d'emploi¹.

Seiri – Supprimer l'inutile

Le *Seiri* consiste à trier pour ne garder que le strict nécessaire sur le poste et se débarrasser du reste.

Un poste de travail encombré présente un risque potentiel d'accidents : chutes, masquage d'outils dangereux, instabilité, etc.

Il ne favorise pas la qualité, car les risques de confusion ou d'oubli sont plus importants.

Pour les travaux délicats ou sur des pièces fragiles, il peut être source de détériorations.

Enfin, un poste de travail encombré ne favorise pas la performance, car une part non négligeable du temps et de l'énergie est gaspillée en exaspérantes recherches, dont on pourrait se dispenser si le poste était en ordre.

Plus généralement, et quels que soient l'activité ou le milieu dans lequel celle-ci s'exerce, notre temps précieux est trop souvent gaspillé par la multitude de choses inutiles qui nous distraient et nous masquent l'essentiel.

1. Ce chapitre n'est qu'un condensé «pour lecteur pressé». Je renvoie ceux qui voudraient en savoir plus à Christian Hohmann, *Guide pratique des 5S pour les managers et les encadrants*, op. cit.

Seiton – Situer, ranger

Le but du *Seiton* est de déterminer une place pour ranger les choses strictement utiles, celles indispensables au travail. Cette place est à déterminer de manière à ce qu'elle soit la plus fonctionnelle possible, puis il faut s'astreindre à remettre les objets à leur place.

Le *Seiton* se concrétise par un «arrangement» pour visualiser et/ou situer facilement les objets. Chaque pièce et chaque outil se voient attribuer une place bien définie, facilement accessible.

On identifie pièces et outils de manière simple, compréhensible et non équivoque, pour en faciliter la reconnaissance à tout le monde.

Plus largement, il s'agit de définir les règles de rangement. Le *Seiton* est très souvent illustré par cette célèbre maxime : «Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place.»

L'identification claire et la disposition judicieuse des choses indispensables sont un moyen de réduire les recherches et les déplacements inutiles.

L'identification et l'attribution d'un endroit de rangement ou d'entreposage évitent les erreurs et les confusions.

Seiso – Nettoyer, faire scintiller

Après avoir trié l'utile de l'inutile et avoir trouvé un moyen d'arranger ce que l'on garde sur le poste, le troisième S vise la tenue du poste en termes de propreté.

Le nettoyage régulier permet le maintien dans de bonnes conditions opérationnelles des outils, des équipements, des machines, etc.

Dans un environnement propre, une anomalie se détecte plus facilement et plus rapidement. Ainsi, une fuite d'huile se verra immédiatement sur une machine propre, mais passera inaperçue si la machine est sale et maculée d'huile en permanence.

Le nettoyage régulier est une forme d'inspection. Il faut insister sur le caractère *régulier* du nettoyage, car un grand ménage ponctuel risque

non seulement de coûter plus cher en temps et en énergie qu'un petit nettoyage régulier, mais aussi de laisser des situations inacceptables durant les intervalles.

La notion de *nettoyage* sous-entend également la remise en état de toute dégradation constatée : carrelage abîmé, capotages ayant subi des chocs, peinture qui s'écaille, rouille, etc.

Le nettoyage en soi est un gaspillage. L'objectif ultime est donc d'identifier et si possible d'éliminer les causes de salissures, et d'éviter ainsi de devoir nettoyer.

Seiketsu – Standardiser

Pour que le maintien de la propreté et l'élimination des causes de désordre deviennent des actes normaux du quotidien, il est indispensable de les inscrire comme des règles de base, des standards à respecter par tous dans la zone de travail. Le *Seiketsu*, en édictant des règles, aide à combattre la tendance naturelle au laisser-aller et le retour aux vieilles habitudes.

Les acteurs définissant eux-mêmes leurs règles, ils n'auront pas de raisons de ne pas les appliquer. Par ailleurs, le maintien du bon état de leur environnement sera le fruit de leurs efforts quotidiens, ils auront donc à cœur de faire respecter les règles 5S par les nouveaux arrivants ou les travailleurs temporaires.

Shitsuke – Suivre et faire évoluer

Enfin, pour faire vivre les quatre premiers S, il faut les stabiliser et les maintenir. Il faut surveiller régulièrement l'application des règles, les remettre en mémoire, en corriger les dérives, mais aussi les faire évoluer en fonction des progrès accomplis.

Au-delà de ces aspects très pratiques et opérationnels, le déploiement des 5S est un bon révélateur de gaspillages et de dysfonctionnements, ainsi qu'un prérequis incontournable pour le déploiement de démarches ou de méthodes plus élaborées.

3 Brainstorming

La technique du *brainstorming*, que l'on peut franciser en *remue-méninges* ou *brassage d'idées*, est une technique déjà ancienne (elle est née aux États-Unis dans les années 1940-1950) qui consiste à rechercher et à recueillir des idées en jouant sur l'effet de groupe. Le brainstorming étant fréquemment pratiqué ou tout du moins connu dans les entreprises, voici un rappel de l'essentiel de la méthode, complété par une approche pragmatique et « opérationnelle ».

MÉTHODE TRADITIONNELLE

Le brainstorming compte deux phases principales distinctes :

- l'émission d'un maximum d'idées autour de la question posée ou du problème à résoudre;
- le filtrage et le regroupement pour l'exploitation.

L'effet de groupe est fondamental pour l'émission de suggestions et d'idées en grand nombre, pour certaines très originales et/ou innovantes. On compte sur la stimulation mutuelle et le jeu de *saute-idées* entre les membres du groupe.

Les suggestions absurdes sont admises durant la phase de production d'idées et la participation d'un « candide » est recommandée pour éviter les effets d'autocensure dans les groupes partageant des connaissances ou des expertises communes.

La quantité étant indispensable, il est recommandé de s'inspirer, de piller ou de rebondir sur les idées des autres. Les participants peuvent également combiner ou améliorer des idées émises.

Il existe de nombreuses variations sur la manière de recueillir les idées : écriture par un secrétaire, écriture par les participants, utilisation de papillons repositionnables, etc. L'important est que la production reste visible des participants.

Les règles du brainstorming sont simples, encore faut-il que l'animateur parvienne à les faire respecter.

- toute idée ou suggestion étant bonne par principe, ne pas censurer, ne pas critiquer et ne pas se moquer;
- n'émettre, n'énoncer ou ne noter qu'une idée à la fois;
- veiller à ce que chacun participe.

Une séance de brainstorming vit généralement plusieurs phases :

- le démarrage, où les idées viennent d'abord lentement;
- la production effervescente, qui est le but recherché;
- le « trou », période durant laquelle les participants « sèchent » et cherchent;
- la nouvelle phase de production;
- etc., jusqu'à épuisement (des idées, pas des participants).

L'animateur doit veiller à relancer les participants lorsqu'ils faiblissent et que la production n'est pas encore satisfaisante.

Lorsque la collecte est terminée, par épuisement des idées ou du temps imparti, le groupe doit mettre sa production en ordre. L'évaluation et le regroupement des suggestions doit se faire selon une méthode et des critères admis consensuellement. Un diagramme causes-effet peut servir à la fois de méthode de tri et de réceptacle (voir page 169).

La méthode du *vote pondéré* est également un choix courant, qui présente l'avantage de structurer le plan d'action dans la foulée.

MÉTHODE MATRICIELLE

Le brainstorming est souvent présenté comme un exercice de créativité, alors qu'en résolution de problèmes les participants sont davantage à la recherche de la liste exhaustive des causes pouvant entraîner le dysfonctionnement.

Par ailleurs, les personnels opérationnels de la production, de la logistique, ou les agents de maintenance ne sont pas forcément à l'aise avec un exercice qui peut leur paraître trop abstrait ou avec l'écriture de leurs idées.

La méthode matricielle s'inspire du brainstorming tout en donnant d'emblée un aspect plus opérationnel, voire plus familier, aux participants.

L'animateur prépare sur un tableau ou une bande de papier kraft une matrice comme celle présentée ci-dessous.

Date :	Groupe :		Problème :		
	Matière	Méthode	Main-d'œuvre	Machine	Milieu
Trop					
Pas assez					
Pas du tout					
Pas la bonne					

Pour le problème à résoudre, le groupe est invité à donner ses avis pour chaque combinaison à l'intersection des lignes et des colonnes. L'animateur fait également office de secrétaire et note les suggestions sur des papillons repositionnables, mais sans influencer ni censurer.

Prenons un exemple : le problème à traiter concerne les pannes sur la machine M23.

Question 1 : les pannes peuvent-elles être liées à de la matière trop chaude, trop froide, trop molle, dure, épaisse... ?

Les participants répondent généralement d'abord à la question posée, puis enrichissent spontanément les réponses de leurs connaissances, expériences ou intuitions.

L'animateur laisse foisonner et recadre au besoin. Lorsque la discussion sur la combinaison s'épuise, on passe à la ligne ou à la colonne suivante. Les participants sont autorisés à émettre idées et suggestions pour une autre cellule de la matrice que celle traitée, car il faut en profiter sur le moment pour capturer les associations d'idées.

Si nécessaire, on rajoute des lignes et des colonnes à la matrice en leur donnant la dénomination adéquate.

Lorsque la matrice est remplie de manière satisfaisante et/ou que le groupe a le sentiment d'avoir épuisé le sujet, on passe à la phase de tri/sélection qui reprend les idées et les suggestions retenues pour les placer dans un plan d'action.

Cette méthode prend quelques libertés avec le brainstorming traditionnel, mais elle permet de focaliser les participants sur l'objectif et offre un cadre structurant, tout en autorisant une certaine « créativité ».

L'usage de cette matrice ne se limite pas à la recherche des causes de dysfonctionnements, on peut l'utiliser pour un exercice d'autodécouverte et de sensibilisation aux gaspillages, ou, comme tout brainstorming, pour un exercice de créativité.

4 Diagramme causes-effet

Les premiers *diagrammes causes-effet*, ou *diagrammes en arêtes de poisson*, ont été développés par le professeur Kaoru Ishikawa en 1943. Ce type de diagramme est de ce fait également appelé *diagramme d'Ishikawa*.

Un diagramme causes-effet est un outil polyvalent qui peut être utilisé pour :

- structurer une recherche de causes;
- comprendre un phénomène, un processus, par exemple les étapes de recherche de panne sur un équipement, en fonction d'un ou plusieurs symptômes;
- analyser un défaut en remontant l'arborescence des causes probables pour identifier la cause racine;
- identifier l'ensemble des causes d'un problème et sélectionner celles qui feront l'objet d'une analyse poussée, afin de trouver des solutions;
- servir de support de communication et de formation;
- servir de base de gestion des connaissances.

L'expérience montre que le diagramme causes-effet devient rapidement populaire auprès des opérationnels.

Construire un diagramme causes-effet, c'est construire une arborescence qui, de l'effet (le phénomène à étudier, le tronc), remonte dans toutes les causes possibles (les branches), dans les causes secondaires (les petites branches), et jusqu'aux détails (les feuilles).

Important

Remarquez à ce propos que l'effet à étudier est au singulier, alors que les causes sont au pluriel !

Pour construire un tel diagramme (voir figure 3.1), il faut :

- définir l'effet sur lequel travailler : un défaut qualité, une caractéristique d'un produit ou d'un procédé, un problème à résoudre;
- tracer une flèche de gauche à droite en direction de l'effet : la pointe de la flèche contient le nom ou la désignation de l'effet, la flèche forme le tronc de l'arborescence ou la colonne vertébrale du « poisson »;
- décrire les facteurs principaux qui sont les causes potentielles de l'effet et les placer dans les branches ou arêtes.

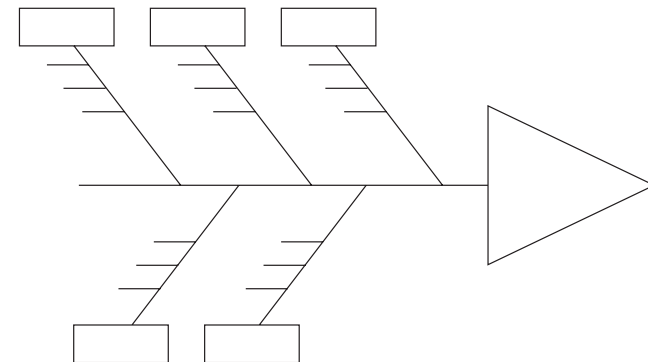


Figure 3.1 : Le « squelette » d'un diagramme causes-effet.

La recherche des causes peut se faire selon les 5 « M » mnémoniques traditionnels (voir figure 3.2), désignant :

- main-d'œuvre;
- matière;
- méthode;
- machines (équipement);
- milieu (environnement).

On peut y ajouter deux autres M (management et moyens financiers) pour arriver aux 7 M. Ces deux derniers facteurs sont intéressants

notamment dans les domaines immatériels, les services ou la gestion de projets par exemple.

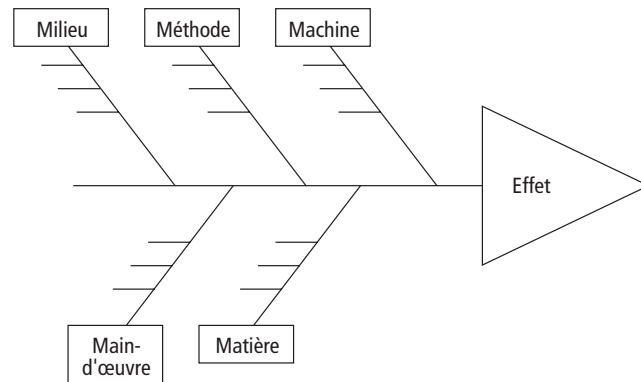


Figure 3.2. Les 5 M mnémoniques traditionnels dans un diagramme causes-effet.

NOTE

Le nombre d'arêtes ou de branches est libre, de même que leur titre, qui ne doit pas forcément commencer par un mot en M !

Un diagramme causes-effet est très utile pour :

- ordonner les idées émises lors d'un brainstorming ;
- expliquer un phénomène, un processus de fabrication ;
- guider une discussion dont il est le point central ;
- rechercher rapidement l'ensemble des causes, choisir celles qui sont les plus importantes et mener rapidement les actions correctives correspondantes (dépannage, contre-mesures) ;
- former le personnel en utilisant les diagrammes existants.

La figure 3.3 montre un exemple de recherche des causes de la présence de poussières.

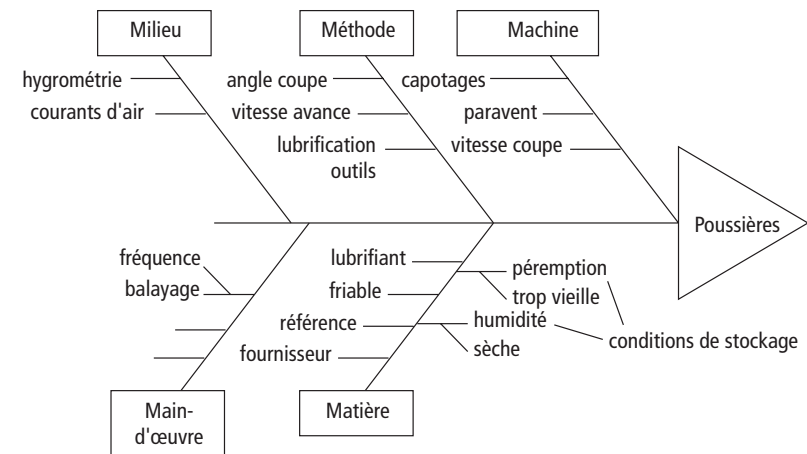


Figure 3.3. Un diagramme causes-effet pour expliquer la présence de poussières.

5 Diagramme de Pareto

Le *diagramme de Pareto* est un outil graphique d'analyse, de communication et de prise de décision très efficace. La popularité des diagrammes de Pareto¹ est due au fait que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, qui stipule que 20 % des causes possibles produisent à elles seules 80 % des effets. Par conséquent il suffit de travailler prioritairement sur ces 20 % de causes pour influencer fortement les effets du phénomène.

Le diagramme de Pareto se présente sous la forme d'un histogramme de distribution, dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont par ordre décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique l'importance relative cumulée des colonnes.

L'intérêt du diagramme de Pareto est de montrer que, dans un premier temps, il est plus « payant » d'attaquer les trois ou quatre premières causes de défauts que de chercher à élucider des causes qui n'apparaissent que très rarement.

On discerne ainsi aisément les *quelques causes essentielles* parmi les *nombreuses causes insignifiantes*².

LOI DES 20/80

Cibler les 20 % de causes qui génèrent 80 % des effets.

Exceptions au principe de Pareto

Voilà pour la théorie. En pratique, il faut composer de manière pragmatique avec cette règle. En effet, mieux vaut attaquer quelques

causes mineures dont l'éradication est à la fois simple et rapide, plutôt que de s'attaquer à une cause majeure dont la résolution est longue, éventuellement coûteuse et incertaine. Il serait en effet illogique de continuer à souffrir de dysfonctionnements rapidement éliminables sous prétexte que leur impact individuel est faible.

Une autre raison de composer avec la règle est le besoin d'obtenir des progrès rapides, besoin qui concerne tant la direction que les opérateurs, en vertu du principe des deux pyramides (voir page 2).

Une matrice de décision ou un vote pondéré fournissent en la matière une aide précieuse.

La méthode ABC

La méthode ABC est une technique très proche du diagramme de Pareto, sauf que les trois catégories A, B et C se caractérisent conventionnellement par trois seuils :

- A = accumulation à 80 %;
- B = les 15 % suivants (95 % au total);
- C = les 5 % restants (100 % au total).

La catégorie ou classe A est la plus importante, la B est d'importance secondaire, la classe C est la moins importante.

La méthode ABC est employée pour les mêmes usages que le diagramme de Pareto, et notamment pour :

- analyser la répartition de la valeur d'un stock, d'un portefeuille d'activités;
- décider de la disposition des stocks en fonction des taux de rotation des produits (ceux de la classe A étant les plus fréquemment utilisés, ils sont à placer au plus près);
- prendre des décisions sur une politique d'externalisation;
- etc.

1. Du nom de Vilfredo Pareto (1848-1923), économiste italien rendu célèbre pour son observation révélant que 20 % de la population italienne possédaient 80 % des richesses, généralisée plus tard en *distribution* ou *loi de Pareto*, ou encore *loi des 20/80*.
2. La formulation originale est : « *Essential few and trivial many.* »

6 Value Stream Mapping

Le *Value Stream Mapping* (VSM) signifie littéralement *cartographie du flux de la valeur* et consiste à visualiser le flux de création de valeur dans le processus, puis à discerner les tâches à valeur ajoutée des tâches à non-valeur ajoutée.

Cette cartographie utilise des symboles (pictogrammes) simples dont la connaissance permet une lecture et une compréhension aisées du processus. Elle figure sur le même document le flux physique et le flux d'information associé.

Certaines entreprises préfèrent le sigle MIFA, pour Material and Information Flow Analysis.

Outil roi du lean, le VSM a été popularisé par Mike Rother et John Shook dans leur ouvrage *Learning to See*¹. Il est très utile pour identifier les sources de gaspillages et de sous-performance d'un processus.

Le principe d'établissement d'un VSM est de suivre un produit représentatif tout au long du processus et de documenter ce dernier en récupérant des informations fiables telles que :

- les tâches exécutées;
- la nature et les quantités d'informations échangées;
- les temps de cycle, les durées de changement de série, les lead times, les temps d'attente;
- les tailles de lots, les stocks et encours;
- le niveau de performance au regard de la sous-performance des processus;
- le taux de qualité au regard du taux de non-qualité;
- la ressource humaine affectée, sa productivité, l'absentéisme...

1. Version française : Mike Rother et John Shook, *Bien voir pour mieux gérer*, accessible sur <http://www.institut-lean-france.fr>.

Les stocks – y compris les tampons ou buffers – sont particulièrement intéressants à identifier dans une approche lean. Ils sont valorisés en nombre de pièces ou en temps de couverture.

L'intérêt de cette cartographie est de décrire le processus tel qu'il est en réalité, avec tous les écarts, les compromissions, les absurdités parfois, que les acteurs du terrain contournent, et non comme les procédures décrivent qu'il devrait être ! Pour cette raison, il est recommandé de travailler sur le terrain, au plus près de l'exécution, avec les acteurs. Outil visuel, le VSM permet à tous de participer, comprendre et partager.

Une fois la cartographie de l'état actuel établie, le processus ainsi décrit est revisité de manière critique : on vérifie la contribution de chaque tâche à la création de valeur et, pour celles qui n'en créent pas, si la tâche est supprimable ou si au moins sa durée peut être réduite au minimum.

La représentation d'un processus idéal, débarrassé des gaspillages, sur une autre cartographie est souvent appelée *Value Stream Design*, état futur ou processus cible, pour la distinguer du VSM, qui rend compte de l'état actuel.

Les actions à entreprendre pour passer de l'état actuel à l'état futur sont regroupées dans le plan d'action.

7 Cellule en U

La chaîne de montage imaginée par Henry Ford a été un outil formidable au service de la production de masse. La chaîne évite aux opérateurs de se déplacer vers le travail : c'est le travail qui vient à eux, les déchargeant le plus souvent par la même occasion du transport de certaines pièces, les plus lourdes et les plus encombrantes notamment.

Adoptées dans la plupart des secteurs d'activité, les chaînes ont cependant leurs limites.

La recherche de la plus grande productivité conduit à segmenter les tâches de plus en plus finement, laissant aux exécutants des opérations simples et de courte durée, que la répétition rend très efficaces. Or, la segmentation accélère le flux, nécessite plus de postes et par conséquent rallonge les lignes.

L'équilibrage de ces lignes allongées devient dès lors de plus en plus délicat, car il y a moins d'opérations que l'on peut faire passer d'un poste à un autre. Les différences de performance entre exécutants sont plus difficilement compensables, et très rapidement le rythme de la ligne se trouve limité au rythme de l'exécutant le plus lent. Par ailleurs, plus la vitesse est élevée, plus les temps de cycle sont brefs et plus l'influence du moindre aléa perturbateur est importante.

Le travail en ligne se fragmentant et se spécialisant, les personnels s'en désintéressent, car ils ne perçoivent plus la finalité de leur travail. Ils se sentent rabaissés à des rôles d'automates.

Paradoxalement, les efforts d'amélioration de la productivité dans ces conditions conduisent le plus souvent à la multiplication des postes de travail et à la multiplication des pertes :

- perte d'occupation : exécutant en attente par manque d'équilibrage de la ligne, par manque d'approvisionnement ou suite à des aléas ;
- mouvements inutiles : les gestes de prise-repose se multiplient ;

- perte lors des changements de série : il faut reconditionner un grand nombre de postes ;
- sensibilité accrue à l'absentéisme : il faut disposer de personnel polyvalent ou de remplaçants.

On constate que les lignes se sont parfois allongées de manière démesurée, atteignant des longueurs incroyables, pas toujours d'un seul tenant et nécessitant des automatisations toujours plus complexes. La logistique d'approvisionnement et de soutien et le management de ces lignes nécessitent davantage de personnel indirect.

Parfaitement adaptée aux grandes séries variant faiblement, la chaîne est peu flexible et s'accommode mal des changements de production fréquents, des séries courtes, et de tout changement ou réaménagement en général. Or, ce sont bien là les nouvelles contraintes en production : des productions très variées en séries de plus en plus courtes et qui se répètent de moins en moins.

La *cellule autonome*, qui désigne une unité élémentaire de travail dans laquelle s'exécute une séquence de travail, ou *cellule «flexible»* semble répondre aux nouveaux impératifs et aux nouveaux défis de la production.

- Le convoyeur automatisé disparaît au profit d'un ensemble d'établis à bon marché, suffisants pour agencer les différents postes d'une cellule, qui du coup occupe moins d'espace.
- La cellule se duplique facilement et à faible coût si des vitesses ou des quantités plus importantes sont requises.
- La cellule est adaptée aux faibles quantités, car on peut la reconfigurer aisément, la démanteler, l'agrandir ou la réduire à volonté.

Par ailleurs, on note que l'enrichissement des tâches et la responsabilisation du personnel apportent davantage de motivation et limitent le nombre d'erreurs. Les personnels regagnent une vision globale sur la finalité de leur travail et on les responsabilise sur les objectifs de productivité et de qualité, la maîtrise des délais et de la traçabilité.

La cellule autonome suppose une délégation de responsabilité relativement importante, notamment pour ses approvisionnements, son

ordonnancement et la répartition des rôles entre équipiers. Son pilotage est souvent confié à des personnels ayant un rôle mixte de manager-opérateur, ou d'animateur-opérateur.

LES AVANTAGES DES CELLULES EN U

La disposition de la cellule de travail en U (voir figure 3.4) présente plusieurs avantages :

- L'entrée et la sortie de la cellule sont proches, elles peuvent être contrôlées visuellement et servies, en fonction de la cadence, par une seule personne.
- Les distances étant raccourcies, les opérateurs peuvent s'entraider dans la cellule; la communication à l'intérieur de la cellule est facilitée par la proximité.
- Le travail s'exécute à l'intérieur du U, les approvisionnements se font par l'extérieur.
- L'emprise globale au sol est généralement plus restreinte que dans le cas d'une ligne longiligne (stocks et encours inclus); les distances de déplacements sont réduites, ce qui évite des gaspillages.
- Le mobilier et les équipements sont généralement mobiles, sur roulettes, pour permettre des reconfigurations rapides.

Dans une cellule, certains travaux peuvent être effectués par un nombre réduit de personnes qui se déplacent de poste en poste. Selon le rythme de production à atteindre et la complexité du travail, on peut même envisager de n'avoir qu'une seule personne dans la cellule.

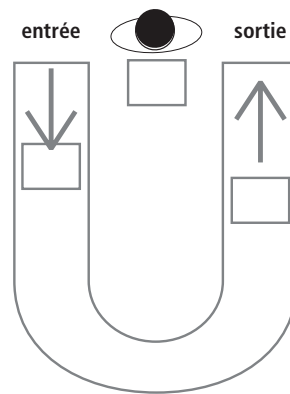


Figure 3.4. Une cellule en U.

LE PRINCIPE DU CHAKU-CHAKU

Le *Chaku-Chaku*, dont le nom est tiré d'une onomatopée japonaise rappelant le bruit d'un travail rythmé, est un travail cadencé qui consiste à déplacer les pièces successivement d'une machine à l'autre, selon un circuit défini, pour les chargements et les déchargements successifs. Avec le Chaku-Chaku, les machines et les équipements requis sont disposés dans l'ordre de la séquence à exécuter, le plus près possible les uns des autres. Chaque machine (automatique ou semi-automatique) exécute une des étapes nécessaires à la séquence de production. Dans un régime établi, l'opérateur décharge la machine de la pièce terminée et la recharge avec une pièce à traiter, avant de se déplacer vers la machine suivante et d'y répéter la même action. Si les machines sont équipées de systèmes d'éjection automatique, on économise l'opération de déchargement manuel de la pièce finie.

Cette approche est en rupture avec la logique ancienne des *sections homogènes* regroupant des activités et des machines d'un même type en un même lieu, comme le regroupement en ateliers spécialisés du tournage, du fraisage, etc. qui nécessitent d'incessants transports de pièces et de lots entre les différents ateliers¹. Dans une cellule, et particulièrement avec le Chaku-Chaku, les pièces n'attendent plus devant les machines ou durant les transports entre machines, mais sont traitées rapidement sur l'ensemble de la séquence (gamme), ce qui les rend disponibles très rapidement.

Pour que le Chaku-Chaku fonctionne de manière efficiente, il faut :

- une bonne fiabilité des machines;
- une standardisation poussée;
- la rigueur et la constance de l'opérateur;
- la bonne synchronisation entre les séquences des opérations et le circuit de l'opérateur de façon à maximiser son occupation.

1. Voir à ce propos le « diagramme spaghetti », page 127.

8 SMED

Pour répondre rapidement et de manière économiquement viable aux demandes des marchés, très changeantes, de plus en plus diversifiées et atomisées, les producteurs se doivent d'être flexibles. En effet, il est devenu utopique de servir les clients uniquement depuis un stock de produits finis, car ce serait beaucoup trop coûteux et risqué. Les productions de plus en plus diversifiées et les tailles de lots de plus en plus réduites nécessitent des changements de plus en plus fréquents. Sans méthode pour réaliser ces changements aussi rapidement que possible, le temps réellement disponible pour la production serait grandement réduit.

Le *SMED* propose une approche formalisée pour réduire la durée de changement à la durée la plus juste.

Le SMED figure invariablement depuis des années parmi les trois mots clés valant le plus de visiteurs à mon site Internet <http://chohmann.free.fr>.

L'ORIGINE DU SMED

L'acronyme SMED signifie Single Minute Exchange of Die, expression qui même pour un anglophone reste relativement hermétique... «*Die*» est le terme technique anglais désignant une matrice, une empreinte ou un moule. «*Exchange*» signifie échanger. La méthode SMED est née dans un atelier mécanique, lors de travaux sur des presses dont la lenteur et les péripéties des changements d'outils ont inspiré Shigeo Shingo¹. Pour réduire significativement le temps

1. Shigeo Shingo est l'un des pères emblématiques des «méthodes japonaises». On lui doit en particulier le système SMED.

d'immobilisation des presses – initialement plusieurs heures –, il était nécessaire de réviser drastiquement la manière de procéder. Afin de ne pas limiter la créativité du groupe de travail et de créer une réelle rupture dans les pratiques, il fallait imposer un objectif de temps très ambitieux. Ainsi, l'idée qu'a voulu promouvoir Shigeo Shingo était qu'un changement doit pouvoir se réaliser en moins de dix minutes, autrement dit se compter avec un seul nombre, d'où l'appellation quelque peu ambiguë de «*Single Minute*».

Si l'on replace tout dans l'ordre, Single Minute Exchange of Die signifie «changement d'outil en moins de dix minutes».

Au fil du temps, la méthode SMED a été transposée à de multiples autres machines et processus. Le nom générique de SMED a été conservé, mais on peut aujourd'hui lui substituer de nombreuses expressions, appropriées au secteur d'activité ou au type de métier :

- *changement rapide de série* dans une unité d'assemblage ;
- *changement rapide de formulation* dans un réacteur chimique ;
- *changement rapide de format* en imprimerie ;
- *changement rapide de recette* dans l'agroalimentaire ;
- *changement rapide de fabrication* en mécanique, en plasturgie ;
- etc.

Je recommande cependant de conserver l'acronyme SMED, car c'est sous cette appellation que les praticiens du monde entier identifient la méthode.

Les séries économiques

Avant la diffusion de la méthode SMED, le temps de changement était considéré comme une contrainte à gérer, un mal nécessaire. Partant de l'idée que la durée de changement est une constante (sous-entendu : qu'elle est incompressible), les industriels ont longtemps privilégié les séries de production importantes en campagnes longues comportant le moins de changements possible. Ainsi l'impact en durée et en coût des changements était dilué sur un nombre important d'unités

produites. La taille de lot optimale se calculait par la formule dite *de Wilson*, et ces séries étaient réputées « économiques » car elles minimisaient le coût de lancement.

La série économique présente plusieurs inconvénients, dont deux majeurs :

- elle fixe la taille de lot optimale et, ce faisant, elle rend sa remise en cause ultérieure difficile;
- elle impose des contraintes aux clients par un choix purement interne et dans l'unique intérêt de l'entreprise.

Ce dernier point est particulièrement choquant dans une perspective orientée client : on reporte en quelque sorte sur le client l'incompétence à gérer économiquement des changements fréquents, par des délais et/ou des coûts qui ne sont que le reflet de la sous-performance de l'entreprise.

Changement rapide, un faux ami

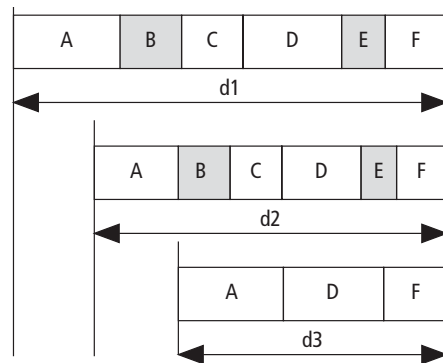


Figure 3.5. Changement rapide efficace et changement rapide efficient.

Dans l'exemple de la figure 3.5, un changement nécessite six opérations de A à F, qui sont à enchaîner séquentiellement pour une durée cumulée initiale égale à d1.

Si l'acronyme originel n'est pas toujours simple à expliquer, l'expression « changement rapide » couramment utilisée pour décrire le SMED peut se révéler être un faux ami. En effet, elle peut entretenir l'illusion que toutes les opérations d'un changement sont nécessaires et doivent être accélérées, alors qu'il existe d'autres moyens de réduire une durée de changement.

Dans l'optique d'un « changement rapide », on pourrait vouloir accélérer l'exécution de toutes les opérations pour arriver à une durée cumulée d2 inférieure à d1. Accélérer les opérations de cette manière peut nécessiter la mise en œuvre de moyens supplémentaires et/ou l'ajout de main-d'œuvre. Si la réduction de temps est atteinte, l'action est efficace, mais elle n'est pas pour autant efficiente¹.

Dans l'esprit SMED, il faut rechercher un changement non seulement bref mais également efficient. Pour cela, il faut vérifier le caractère indispensable de chaque opération, la possibilité de la supprimer ou d'en réduire la durée. C'est ainsi que, dans notre exemple, l'analyse critique montre que les opérations B, C et E peuvent être éliminées. On arrive alors sans efforts particuliers à une durée cumulée d3 inférieure à la durée originelle d1 et à la durée d2. On peut ensuite exploiter un potentiel additionnel de réduction de temps en revoyant le contenu des opérations résiduelles A, D et F.

LES PRINCIPES DU SMED

Conventionnellement, la durée d'un changement se mesure de la fin de la dernière pièce de la série qui s'achève à la première pièce finie et conforme de la nouvelle série, lorsque la machine est à sa vitesse nominale.

L'observation des changements d'outils *avant* le déploiement du SMED révèle pratiquement toujours la même séquence : à partir de la dernière pièce de la série achevée, la machine est arrêtée et l'on procède au démontage des bridages et de l'outil. On monte ensuite l'outil suivant avec ses accessoires, on procède aux réglages et aux essais. Selon l'expérience du personnel, les réglages peuvent être brefs ou nécessiter plusieurs essais avec des allers-retours. Quand enfin les essais sont satisfaisants, on libère la machine pour la reprise de la production.

1. L'efficacité se définit comme l'atteinte des objectifs (efficacité) avec une économie de moyens.

Une analyse plus approfondie montre en outre que les personnels chargés des changements «découvrent» leur chantier de changement d'outil à partir du moment où la machine est à l'arrêt. Il leur faut le plus souvent chercher l'information : quelle est la série suivante à produire? Que faut-il pour la préparer? Où sont les pièces et les outils? Il faut chercher les nouveaux outils, moules et gabarits, ainsi que les outils à main et les accessoires. Ceux-ci sont rarement à leur place, si tant est qu'ils aient une place définie. Il arrive également qu'ils ne soient pas disponibles – pas encore revenus du service maintenance, par exemple. Très fréquemment il manque une vis, un boulon ou un raccord, et les outils à main disponibles ne sont pas les bons ou ils sont incompatibles.

L'élaboration d'un diagramme spaghettis (voir page 127) est tout à fait indiquée pour visualiser l'ensemble des cheminements et les distances parcourues. On notera que la durée de la recherche est le plus souvent inversement proportionnelle à la taille de l'objet recherché.

C'est également lors des changements que l'on découvre des dégradations, des fuites, la casse et la crasse. Selon le cas, on prendra le temps d'y remédier ou on se débrouillera pour passer outre. Après de multiples péripéties et une durée conséquente, la machine est enfin rendue à la production.

En l'absence de méthode standard ou de mode opératoire, il existe autant de variantes que d'exécutants. Ceux-ci n'ont pas toujours conscience de toutes les absurdités et pertes de temps lors de leurs opérations de changement. Pour prévenir leur scepticisme et leurs éventuelles dénégations, ainsi que pour les inviter à contribuer à l'amélioration de leur performance, on utilise la vidéo.

Une caméra fixe filme en continu et en plan large l'ensemble du périmètre pendant toute la durée du changement. Il est recommandé d'incruster le chronométrage dans le film, ce qui facilitera l'analyse ultérieure.

L'ensemble de la séquence est ensuite visionnée plusieurs fois avec les personnels impliqués, un expert du domaine, si possible un agent des méthodes, et un praticien du SMED. Le but est d'analyser finement toutes les séquences et tous les événements survenant durant le changement.

On note tous les incidents retardant la bonne exécution du changement. Globalement, il faut distinguer ce qui est nécessaire au changement de ce qui ne l'est pas.

ANECDOTE

Les praticiens finissent par accumuler de véritables bêtisiers sur vidéo. Ainsi voit-on assez fréquemment apparaître dans le film des collègues qui passent et disent bonjour, bavardent, distrayant de sa mission l'équipe du changement, ou encore une machine en plein changement abandonnée sans complexe par son équipe qui part déjeuner...

Par ailleurs, les analyses successives des séquences vont montrer qu'outre des opérations totalement inutiles, il existe des opérations qui peuvent être réalisées alors que la machine tourne encore ou de nouveau, et des opérations qui doivent s'effectuer avec la machine obligatoirement à l'arrêt. Cette distinction est le fondement de la méthode SMED. Son but est de minimiser les opérations avec machine à l'arrêt (MA) et de maximiser les opérations pouvant être faites pendant que la machine est en marche (MM). La méthode SMED vise à convertir au maximum les opérations MA en opérations MM¹.

Avec la miniaturisation et les progrès technologiques, on trouve désormais de petites caméras autonomes que l'on peut fixer sur le front à l'aide d'un bandeau. La séquence enregistrée est donc telle que l'opérateur la voit. Cette option peu coûteuse permet de «dénicher» des améliorations dans des endroits étroits, par exemple, et de comprendre les problèmes d'ergonomie de certains postes ou opérations.

1. S. Shingo utilise les expressions «réglages internes» pour désigner les opérations qui doivent s'effectuer avec la machine obligatoirement à l'arrêt (MA) et «réglages externes» pour les opérations qui peuvent être réalisées alors que la machine est en marche (MM). Ces termes sont conservés par certains auteurs.

DU BON USAGE DE LA VIDÉO

Si la vidéo facilite grandement l'analyse des opérations, elle nécessite néanmoins quelques précautions. La première est de communiquer le but et la méthode avant l'intervention et de s'assurer de l'acceptation des opérateurs. Une visualisation en commun, immédiatement après la prise de vues, permet de rassurer les personnels filmés sur le contenu du film. Le praticien peut commenter quelques gestes inutiles ou dangereux en expliquant que c'est ce type de choses que l'on cherche à éliminer.

De manière générale on ne filme pas les visages, même si les individus restent le plus souvent identifiables par leurs collègues. L'usage de la vidéo est mieux accepté ainsi.

LA MÉTHODE SMED

Le SMED est une approche «en entonnoir», qui passe par quatre étapes :

1. supprimer les opérations inutiles, convertir les opérations MA en opérations MM;
2. simplifier les bridages et les fixations;
3. travailler à plusieurs;
4. éliminer les réglages et les essais.

Dans la pratique, cependant, il est fortement recommandé de passer par une phase préalable consistant à :

- Supprimer les opérations inutiles au changement de série et qui ne sont que des pertes de temps. Exemple : remplir un formulaire que finalement personne n'exploite.
- Avancer ou retarder, hors de la phase d'arrêt de la machine, l'exécution des opérations qui ne font pas partie à proprement parler du changement et qui sont faisables avant et/ou après l'arrêt de la

machine. Ce sont le plus souvent des tâches administratives annexes, telles que des pointages de quantités, l'horodatage des formulaires, etc.

- Organiser l'environnement pour que le changement se fasse dans les meilleures conditions possibles.

Ce dernier point désigne la mise en place des 5S, préalable incontournable au déploiement du SMED. On vise à éliminer toute perte de temps, à chercher parmi le désordre, en donnant une place déterminée et connue à toute chose nécessaire au changement, et en rendant l'environnement immédiatement « lisible ».

Durée initiale de l'arrêt			
Opérations inutiles	Opérations faisables avant et après arrêt	Machine à l'arrêt pour changement	
		Conversions MA => MM	Machine à l'arrêt pour changement
		Bridages et fixations	Machine à l'arrêt
Innovations, améliorations, travail à plusieurs			Machine à l'arrêt
Supprimer les essais et les réglages			Machine à l'arrêt
Gains			Durée finale

Ces actions préalables étant déployées, on trie les opérations restantes selon leur possibilité de conversion d'opérations faites machine arrêtée (MA) en opérations faisables machine en marche (MM). Cette étape est le fondement de la méthode SMED.

L'étape suivante consiste à simplifier les bridages et les fixations pour gagner du temps. Il s'agit typiquement de réduire l'emploi des vissages et des boulonnages au profit d'autres techniques plus rapides et qui ne nécessitent pas de recourir à de l'outillage. Positionnement et réglages

entrent à la fois dans les travaux de *conversions* et les travaux de *simplifications*.

On recherche ensuite la meilleure organisation pour travailler à plusieurs, ainsi que toutes les améliorations et innovations pour réduire encore le temps d'arrêt.

La dernière étape consiste à éliminer les besoins de réglages et d'essais par la maîtrise parfaite des opérations et le recours aux moyens techniques appropriés.

La mise en œuvre du SMED

Il est fréquent que les premières mesures et observations mettent en évidence des durées variables pour des changements identiques. Il est nécessaire de comprendre quels sont les principaux facteurs de variabilité et de les maîtriser, afin de pouvoir travailler à l'amélioration de la performance durant les changements¹. Classiquement, l'analyse des séquences observées montre que les principaux facteurs de variabilité sont :

- les opérations de recherches dans un environnement non organisé ;
- le manque de préparation ;
- les pratiques individuelles différentes ;
- le non-respect du mode opératoire ou de la procédure.

Pour maîtriser la variabilité, il faut avant tout un environnement standardisé et organisé. Cette maîtrise est habituellement apportée par le déploiement des 5S.

La standardisation inclut la mise à disposition des outils nécessaires, ou mieux l'élimination du besoin d'outils : tournevis, clés...

La standardisation des vis et des écrous consiste à réduire leurs types et leurs dimensions, afin qu'ils soient interchangeables et qu'un nombre très réduit d'outils suffise aux interventions.

1. La logique de la démarche « maîtriser, améliorer, innover » s'applique parfaitement à la mise en œuvre du SMED.

La suppression du besoin d'outils tels que les clés ou les tournevis peut être obtenue par la mise en place de vis ou d'écrous papillons, de poignées de serrage, de sauterelles...

L'utilisation d'un code couleurs est utile pour identifier plus visuellement et rapidement les points de serrage, de réglage, de graissage, les zones dangereuses (chaudes, coupantes, organes en mouvement...).

Si ce n'est déjà fait, il faut standardiser les accouplements mâles/femelles et les systèmes de connexions aux fluides et aux énergies.

Ensuite, il faut standardiser la préparation du changement et tout ce qui lui est nécessaire, sous forme de kits par exemple :

- dossier avec instructions, liste de contrôle, plans, planning ;
- cales, gabarits, jauges ;
- prochain outillage à utiliser, avec ses accessoires ;
- etc.

Le but de cette standardisation est de se rendre indépendant des pratiques individuelles, notamment si une part des éléments nécessaires provient d'autres services : maintenance, magasin, bureau des méthodes, ordonnancement, etc.

Enfin, le troisième point à vérifier est l'existence d'un mode opératoire. Il est fréquent qu'aucun mode opératoire n'ait été défini. Les personnels chargés du changement font alors chacun du mieux qu'il lui semble.

Si le mode opératoire existe, il faut vérifier s'il autorise des variantes ou si, au contraire, il est suffisamment précis pour que tous les individus s'y conformant agissent de manière identique. Dans le cas où le mode opératoire existe et se révèle suffisamment précis et directif, il faut enquêter sur les raisons pour lesquelles les individus ne s'y conforment pas.

Cette enquête doit se faire avec ouverture d'esprit, car bien souvent les modes opératoires sont créés par des personnes qui n'ont pas la pratique des changements, et ils sont difficiles, voire impossibles à appliquer !

En résumé, pour maîtriser la variabilité des temps de changement, il faut :

- rendre l'environnement 5S;
- standardiser la préparation;
- créer ou fixer un mode opératoire en collaboration avec tous les intervenants et leur demander de s'y tenir.

Ce faisant, on ne fixe probablement pas LA meilleure manière de faire, mais on en fixe UNE. Ainsi, dans un premier temps, on réduit la variabilité due aux différentes pratiques individuelles, puis, dans un second temps, on l'améliore progressivement à l'aide des observations et des analyses.

La conversion des opérations

La simplification des bridages et des fixations est une phase populaire auprès des techniciens, car elle met au défi leur créativité et leur inventivité, ainsi que leurs connaissances des techniques et des technologies. Pour amorcer la réflexion, on peut démontrer facilement que, quelle que soit la longueur d'une vis ou d'un boulon, ce n'est que le dernier tour du filet qui assure le serrage. Ainsi, pour gagner tout le temps nécessaire à engager la longueur d'une vis jusqu'au serrage, on peut utiliser un assemblage « quart de tour ».

Pour ces exercices de créativité, les catalogues de fournitures industrielles se révèlent de bonnes sources d'inspiration. Il faut également s'ouvrir à d'autres domaines pour y trouver des idées à importer. À titre d'exemple, c'est dans la confection que l'on trouve certainement le plus de cas d'emploi du Velcro. Celui-ci peut opportunément résoudre des problèmes dans un contexte industriel.

Le tableau suivant en donne quelques exemples.

Fixations temporaires	Bridages rapides
Fixation magnétique	Sauterelles
Fixation par Velcro	Rondelles en U
Queues d'arondes	Cales biseautées, cales étagées
Tenon et mortaise	Excentriques ou cames
Rails et glissières	Systèmes à ressort

Travailler à plusieurs

Parmi les causes de gaspillages lors d'un changement de série se trouve également l'absence de travail simultané à plusieurs. Un exemple de travail d'équipe efficient traditionnellement cité dans le cadre du SMED est le passage au stand d'une voiture de course. Cet arrêt est indispensable pour le ravitaillement, le changement de pneumatiques, etc. Pour ne pas pénaliser le pilote, il faut assurer intégralement toutes les opérations dans un temps le plus bref possible. Dès l'arrivée de la voiture, l'équipe s'active selon un ballet bien réglé où chacun connaît son rôle et ses opérations, et où personne ne gêne l'autre.

Dans une course automobile, l'équipe du stand est fortement sollicitée pendant un temps très court, puis prépare et attend le prochain arrêt de la voiture. Ce maintien en disponibilité d'une équipe nombreuse pour une durée opérationnelle brève se justifie par les enjeux importants liés à la performance de la voiture. Par ailleurs, c'est parce que l'équipe est dimensionnée et le travail organisé ainsi que l'ensemble est efficient et que les arrêts au stand sont courts.

Dans un atelier de production il n'est guère envisageable de se doter d'équipes de ce type, mais pour minimiser l'arrêt d'une machine critique, une ressource goulot, il est intéressant de pouvoir rassembler, juste avant le changement, une équipe compétente dont l'objectif du moment sera de minimiser l'arrêt de cette précieuse ressource.

En s'inspirant de cet exemple, nous avons organisé le changement de série sur des machines d'insertion de composants électroniques. Deux équipiers, qui pilotaient chacun plusieurs machines, se retrouvaient au moment du changement et se partageaient les tâches, l'un à l'avant de la machine, l'autre à l'arrière. Diverses sécurités empêchaient le démarrage ou des mouvements d'organes lorsque les équipiers s'affairaient ainsi sans forcément se voir. Le démarrage n'était possible que lorsque toutes les conditions étaient réunies : positions initiales, verrouillages des capots de protection, acquittements.

Chacun connaissait les opérations à effectuer et disposait d'une desserte roulante sur laquelle on trouvait un mini-panneau à outils ainsi que tout ce qui était nécessaire aux interventions rapides.

En cas d'aléa, l'équipier le plus expérimenté prenait l'initiative, afin d'éviter des hésitations ou des palabres et des pertes de temps.

Une fois le changement terminé et la nouvelle production lancée avec succès, chaque équipier retournait à ses tâches routinières.

Cette organisation est particulièrement efficace dans un contexte de production stabilisée, dans laquelle les changements de série sont planifiables ou tout au moins prévisibles. Si tel n'est pas le cas, il faut vérifier si les perturbations générées par les changements qui arrivent de manière aléatoire ne se révèlent pas moins pénalisantes par rapport aux avantages que l'on attendait du travail à plusieurs.

Utiliser des check-lists

L'une des causes initiales majeures de variabilité des durées d'arrêt pour changement est le manque ou le non-suivi d'un mode opératoire.

Les exécutants, aussi expérimentés soient-ils, ne sont pas à l'abri d'un oubli ou d'une erreur d'inattention, ni de la lente dérive des pratiques, s'ils ne suivent pas les étapes et la séquence référence. Les changements d'outils ou de série peuvent rester relativement complexes, même après application des techniques SMED, ce qui nécessite ou justifie un guide pratique.

Si les modes opératoires ou les procédures sont utilisables en préparation du changement et après le changement, ils se révèlent peu pratiques durant le changement lui-même. On peut leur préférer des check-lists et des fiches de réglage plus concises, qui permettent en outre de reporter des valeurs ou des notifications. Une check-list sur laquelle les opérations à valider sont présentées dans l'ordre du mode opératoire invite ou contraint l'exécutant à suivre l'ordre. Le report de valeurs clés et la validation par signature des étapes critiques servent de moyen de contrôle autant que de responsabilisation.

Voici un exemple de check-list de préparation par laquelle on vérifie que :

- toutes les informations nécessaires sont disponibles avant le changement ;
- les moyens de manutention ainsi que les outils et outillages sont disponibles et aptes, prêts à l'emploi et prépositionnés ;
- les personnels affectés au changement sont prêts, connaissent et savent identifier les composants de la série finissante et de la série à lancer.

Check-list de préparation – Changement de série		
Atelier :	Ligne :	
Changement de :	À :	
Date :	Heure planifiée :	
Début effectif :	Fin :	
Plans réf. ...		
Instructions, modes opératoires		
Fiche réglages		
Servante changement		
Tire-palette		
Palan		
Outil réf. ...		
Jeu de cales réf. ...		
Régleur		
Manutentionnaire		
OP1		
OP2		
Planning		
OF et étiquettes		

Les évolutions du SMED

L'approche et la méthode SMED n'ont guère changé depuis leurs origines ; les évolutions concernent davantage les raisons, les moyens et les conditions de la mise en œuvre.

Lors de l'adoption de la méthode en Occident, les raisons de mettre en œuvre le SMED étaient essentiellement la recherche de productivité et de capacité additionnelles.

Depuis le basculement de la plupart des secteurs industriels dans l'économie de l'offre, le SMED est plutôt un moyen d'améliorer la flexibilité et la réactivité.

L'évolution des moyens concerne essentiellement l'utilisation de la vidéo, qui, légère, peu chère et largement répandue, s'impose comme un outil basique de l'analyse des opérations.

La diffusion de la connaissance pousse certains industriels à intégrer la notion de SMED dans leur cahier des charges pour la sélection ou la fabrication de leurs futurs équipements. Des fabricants de machines développent d'office des solutions minimisant les durées de changements. Quelques fabricants de fournitures industrielles ont également compris l'intérêt de mettre à leur catalogue des accessoires de fermeture, de blocage, de réglage, etc., utiles dans le cadre du SMED.

Un SMED abouti doit répondre aux exigences QCDSE.

Qualité	La qualité des produits doit être obtenue immédiatement après un changement, sans besoin de retouches ni réglages successifs (tâtonnements, essais et erreurs, etc.)
Coûts	Les solutions de changement doivent être mises en œuvre au moindre coût et être appréciées en fonction du rapport gains valorisés/dépenses à engager, et du retour sur investissement dans le temps. Le coût de la main-d'œuvre occupée ou non durant le changement, doit également être pris en compte
Délais	La mise en œuvre du SMED doit bénéficier à la tenue des délais de livraison des produits au client
Sécurité	Les solutions mises en œuvre doivent garantir la sécurité des personnels avant de permettre un changement court
Environnement	Les solutions mises en œuvre ne doivent pas nuire à l'environnement sous prétexte de permettre un changement court

La qualité

Un SMED qui n'assurerait pas la qualité des produits du premier coup ne serait pas un bon SMED. Rappelons que la mesure de la durée de

changement couvre la période de la dernière pièce bonne de l'ancienne série à la première pièce bonne de la nouvelle série, celle-ci devant être représentative de la capacité de la machine à fabriquer durablement de manière conforme.

Pour assurer cette qualité du premier coup, il est fort utile de recourir à des systèmes de prévention d'erreur et à des détrompeurs. Ces systèmes offrent une large palette de possibilités, des plus simples, tel le repérage par des codes de couleurs, aux plus sophistiquées, avec validation par lecture de codes-barres.

La qualité concerne également le changement lui-même, qui ne doit en aucun cas détériorer la machine.

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Le test d'appareils ou de cartes électroniques nécessite la connexion de points de mesure entre le matériel à tester et l'équipement de test. Ces connexions se font au travers d'interfaces dédiées. Pour assurer les changements rapides des interfaces sur des équipements de test, ainsi que la prévention de fausses pannes, on utilise des connecteurs d'usure. En effet, le nombre important de connexions successives amène une usure mécanique rapide qui nuit à la qualité des contacts. Ces connecteurs peuvent être remplacés préventivement ou sont facilement interchangeables en cas de dysfonctionnement.

Les coûts

Les ressources de l'entreprise étant forcément limitées, il faut réserver le déploiement du SMED aux machines et aux équipements goulots, qui sont le plus souvent vitaux¹, ainsi qu'à certaines machines et certains équipements importants.

1. La classification VIS (vital, important, secondaire) procède d'une analyse AMDEC, analyse capacitaire ou analyse de risque, et permet de définir des politiques de maintenance, de gestion de pièces de rechange, de gestion et d'investissement en fonction de la criticité des équipements.

Attention, piège!

L'engouement que suscitent certaines techniques telles que le SMED, l'attrait du défi intellectuel et technique poussent certains responsables à déployer les techniques de changement rapide d'outils sur des machines qui ne sont chargées qu'à 50% du temps disponible!

Quel intérêt, puisque de toute manière la machine est disponible pour les changements la moitié du temps?

Cette règle ne souffre qu'une exception : lorsque les changements ne peuvent être réalisés que par des personnels habilités, auquel cas ces personnels deviennent les ressources goulots de l'entreprise.

Le SMED n'est pas la panacée et, à ce titre, si les dépenses à engager se révèlent disproportionnées au regard des gains visés, il faut revoir la solution ou chercher à résoudre le problème autrement que par un SMED coûteux.

L'évaluation des coûts et des gains doit également prendre en compte la main-d'œuvre – celle impliquée dans le changement et celle qui se retrouve sans occupation productive durant ce temps. Idéalement, ce sont les personnels de production qui devraient effectuer eux-mêmes le changement.

Les délais

Le but même du SMED est de réduire les délais nécessaires pour passer d'une production à une autre. Cela doit se faire au bénéfice des clients, de façon à leur fournir ce qu'ils désirent quand ils le désirent, sans longs préavis et attentes, et sans recours à des stocks importants.

La mise en place du SMED est une condition nécessaire au déploiement des techniques avancées d'ordonnancement qui réduisent la taille des lots lancés, telles que le fractionnement-lissage. Cette technique consiste à produire une trame type de manière périodique et routinière. Ainsi, l'entreprise, devenue très réactive, peut assurer les livraisons à ses clients avec des délais courts et quasiment sans stocks.

La sécurité

Certaines solutions ont eu tendance à dégrader le niveau de protection au profit de la vitesse des opérations de changement. La recherche du gain de temps ne peut plus se faire au détriment de la sécurité des personnels. Il vaut mieux perdre quelques minutes lors d'un changement plutôt que de risquer blessures et accidents.

Il en est de même dans l'exemple du passage au stand de la voiture de course : toutes les opérations sont à faire et à faire sans compromis pour la sécurité. Une opération mal faite sous prétexte de gagner quelques secondes serait un mauvais calcul, car cela pourrait entraîner un accident ou une panne, avec des risques pour les personnes mais aussi la certitude de perdre la course.

Parmi les risques les plus courants, on peut citer :

- les projections de liquides ou de matières sous pression;
- les coups de fouet dangereux d'un flexible sous pression lors du désaccouplement;
- le démontage trop facile et sans outil des carter de protection, exposant les personnels aux organes en mouvement, aux dangers thermiques, etc.

Ces aspects sécurité sont à prendre en compte tout particulièrement dans la conversion des opérations de machine à l'arrêt vers machine en marche.

Les solutions de changements rapides ne doivent en aucun cas contrevenir aux règles élémentaires de sécurité ni aux exigences réglementaires!

De plus en plus d'entreprises s'engagent sur la sécurité de leurs personnels en se conformant au référentiel OHSAS 18000, par exemple.

L'environnement

Ce sont probablement les évolutions en matière de respect de l'environnement et de sécurité des personnels qui impactent le plus la mise en œuvre du SMED.

En effet, il n'est plus question de vidanger des cuves ou de s'autoriser des écoulements de fluides sans discernement ni précautions sous prétexte de gain de temps.

Il existe des coupleurs spéciaux pouvant être déconnectés et re-connectés facilement, dont un clapet d'obturation empêche les écoulements de fluides.

Tout dégazage nuisible doit également être empêché ou au moins capté.

De manière générale, on cherchera à réduire tous les gaspillages de matières et de consommables, et par conséquent la génération de déchets. Cela boucle le cycle en rejoignant la nécessaire maîtrise de la qualité, grâce à laquelle il n'est point besoin de faire des essais successifs, généralement longs, consommateurs de matières et générateurs de rebuts et de déchets.

LE SMED, À QUOI BON ?

En résumé, et pour répondre aux objections des sceptiques qui peuvent se demander « À quoi bon ? » lors de la présentation ou du lancement d'un chantier SMED, voici un argumentaire synthétique.

Dans un contexte de production de masse, le SMED permet de dégager de la capacité additionnelle. Dans un contexte de production en petits lots, le SMED apporte la flexibilité requise, comme le montre le tableau suivant.

	Entreprise ne maîtrisant pas le SMED	Entreprise maîtrisant le SMED
Durée des changements	Longue à très longue	Courte à ultra-courte
Choix	Changer le moins souvent possible	Changer aussi souvent que nécessaire
Taille des séries	Longue	Courte
Délai de mise à disposition du lot	Long	Court
Degré de flexibilité	Faible	Élevé
Conséquences pour les clients	Doivent attendre ou être servis depuis des stocks	Rapidement satisfaits sans recours aux stocks
Conséquences pour l'entreprise	Recours aux prévisions et aux stocks Sensibilité aux erreurs Immobilisation financière et risques liés aux stocks Entreprise moins compétitive et éventuellement fragilisée	Peu ou pas de recours aux prévisions et aux stocks Peu ou pas d'immobilisation financière et de risques liés aux stocks Entreprise compétitive

9 Automaintenance

L'analyse de l'emploi des capacités installées, notamment au travers d'un indicateur aussi sévère que le TRS, montre à quel point la disponibilité opérationnelle des moyens conditionne la productivité des machines et des équipements. La structure arborescente (voir page 107) du TRS permet de remonter aux causes impactant la disponibilité. Celles-ci peuvent être regroupées en trois familles principales :

- la planification et l'organisation, comprenant la logistique d'approvisionnement, les flux internes, etc., et regroupant une multitude de causes qui ne sont pas directement liées au procédé ni à la « technique » ;
- les changements de série ou de format, dont l'impact peut être minimisé par le déploiement du SMED ;
- les arrêts dus à des pannes et à des aléas, très liés au procédé et éventuellement à son environnement immédiat, champ d'intervention traditionnel de la maintenance.

Après plusieurs décennies de diffusion de méthodes et de bonnes pratiques, parmi lesquelles la maintenance productive totale (TPM) figure en bonne position (voir page 107), on s'attend à constater dans les entreprises une coopération entre les services production et maintenance, chacun contribuant à la performance globale des processus gérés de manière transversale.

Or, le constat est bien souvent différent. Dans beaucoup d'entreprises, fondées sur le cantonnement dans des missions bien définies et distinctes, les relations entre ces services restent teintées d'oppositions, de reproches réciproques et de ressentiment. Schématiquement, la production considère que sa mission est de produire et celle de la maintenance d'entretenir : « Je produis, tu entretiens. »

La maintenance se voit comme la dépositaire de la connaissance technologique, investie d'une mission de secourisme : « Tu casses, je répare. »

La production, soumise à l'incessante pression sur les résultats et la recherche de productivité, reproche à la maintenance de ne pas jouer le rôle de fournisseur dévoué, taillable et corvéable à merci, que les discours lui présentent.

Le service maintenance, de son côté, déclare crouler sous les demandes d'interventions et les bons de travaux, systématiquement déclarés comme urgents et importants, ingérables avec les ressources de plus en plus limitées qui lui sont consenties (ces restrictions étant la contribution du service à la productivité de l'entreprise).

L'approche participative que propose la TPM permet de jeter un pont entre ces deux mondes. L'automaintenance, ou maintenance de niveau 1, qui est l'un des piliers de l'approche, vise à donner aux opérateurs de l'autonomie pour prendre en charge l'entretien courant et les petites interventions de maintenance. L'intégration et la responsabilisation des opérateurs de production sont basées sur le développement des compétences des opérateurs, et de formations sur la bonne utilisation des moyens qui leur sont confiés. Elles mènent en premier lieu à la réappropriation de leurs machines.

L'entretien quotidien qui leur est délégué, la prise en compte de leurs avis et de leurs connaissances intimes des équipements transforment l'attitude des opérateurs, qui respectent leur matériel. Cela règle une bonne partie des problèmes liés à la méconnaissance, au manque d'implication et à la négligence.

La *maintenance autonome*, qui se met en place au fur et à mesure de la montée en compétence des opérateurs, permet des interventions mineures immédiates et sans avoir besoin du service maintenance.

Par ailleurs, la plus grande compréhension du fonctionnement des mécanismes permet aux opérateurs de production une meilleure description des dysfonctionnements aux agents de maintenance lorsque le type d'intervention requiert l'aide des experts.

Enfin, et surtout, la prise en charge par les opérateurs de travaux et d'interventions mineures améliore leurs conditions de travail et leurs performances, leur apporte une valorisation du poste par l'enrichissement des tâches, de la satisfaction et de la motivation. Les fameuses «priorités», source de discorde entre production et maintenance, peuvent désormais être traitées localement.

Pour la maintenance, se décharger de tâches mineures allège la gestion des encours de travaux et permet de réserver le temps des experts à des tâches à plus forte valeur ajoutée relevant de leur niveau d'expertise : par exemple, l'amélioration de la fiabilité ou de l'ergonomie des machines installées, pour améliorer les performances de production.

Ce transfert de tâches est bénéfique pour le travail posté, de nuit ou de week-end, quand les effectifs de maintenance sont moins présents. Par ailleurs, l'enrichissement des tâches des opérateurs de production est rendu possible par les gains d'efficacité et l'élimination de gaspillages.

Ainsi, le transfert de tâches aboutit à un bénéfice mutuel, mais il faut faire œuvre de pédagogie pour convaincre les bénéficiaires !

LE NETTOYAGE QUOTIDIEN EST UNE FORME D'INSPECTION

L'automaintenance commence par des choses très simples, et néanmoins très importantes, comme le nettoyage quotidien et l'entretien courant.

C'est en passant un chiffon à chaque fin de poste sur la machine que l'on peut détecter précocement des anomalies, des fuites, des surchauffes, des changements de couleur, de forme ou encore des odeurs inhabituelles.

L'humain est doté de formidables capteurs et, pour peu qu'il soit motivé, il sait analyser ces stimuli et y réagir.

Le terme «nettoyage» est à prendre au sens le plus large; il intègre les opérations d'entretien courant tel que la lubrification et les resserrages. Si l'on considère que ces tâches font partie de la maintenance préventive, on peut qualifier ce type de nettoyage de «nettoyage à valeur ajoutée». Ces gestes permettent aux opérateurs de se réapproprier leur outil de travail, et ils finissent la plupart du temps par bichonner «leur» machine, jusqu'à devenir agressifs envers ceux qui ne respecteraient pas les bonnes pratiques.

Une petite formation préalable, dispensée par les experts de la maintenance, peut s'avérer nécessaire, avant que les experts et les opérateurs travaillent ensemble à l'écriture de modes opératoires et de procédures d'entretien courant très opérationnels.

Cette collaboration entre représentants de la production d'une part et de la maintenance d'autre part est une excellente opportunité pour les uns et les autres de connaître les contraintes et les problèmes ainsi que les compétences et les talents de l'autre partie.

L'implication entraîne le respect des modes opératoires et des procédures que les opérateurs auront contribué à écrire, ou tout du moins dont ils auront compris la nécessité et l'importance. L'implication les pousse également à respecter les équipements et les installations, réduisant ainsi sensiblement les problèmes et les gaspillages dus à la négligence.

RÉGLAGES ET PETITES RÉPARATIONS

Une fois les conditions de base restaurées, les opérateurs peuvent progressivement être amenés à aller plus loin et à prendre en charge réglages et petites réparations. Naturellement, cela doit s'accompagner de la montée en compétence et de l'encadrement technique adéquats.

Il s'agit d'associer graduellement les opérateurs aux changements d'outils, aux réglages, de leur déléguer le remplacement de joints, de courroies, etc.

Des échanges de pièces « un pour un » et la consignation des interventions dans des formulaires permettent de suivre, d'encadrer et de tracer les opérations réalisées, de revenir vers les opérateurs pour corriger des maladresses, des oublis, etc.

Au fil du temps, les opérateurs pourront être associés aux tâches de maintenance préventive courantes et devenir également des auxiliaires intéressés et précieux lors d'interventions plus lourdes, auxquelles ils pourront participer activement.

Automaintenance, maintenance de premier niveau... chaque entreprise va fixer les limites de ce qui sera délégué aux opérateurs.

La maintenance répugne fréquemment à lâcher quoi que ce soit de ce qu'elle estime relever de son domaine réservé, sous prétexte que les opérateurs manquent de connaissances et de formation. Or, ma propre expérience a démontré que l'on peut développer les compétences des personnels les plus modestes à des niveaux importants, au plus grand bénéfice mutuel de l'entreprise et des individus.

Pour la plupart des opérateurs concernés, cet enrichissement de tâche et cette montée en compétence sont vécus très positivement, ils valorisent leur poste au-delà de la simple conduite de machine et les impliquent au quotidien.

Selon le degré de technicité, de compétences requises ou encore de responsabilité engagée, tous les personnels ne pourront pas forcément être « élevés » au même niveau. Par ailleurs, il faut être vigilant et éviter que les opérateurs perdent de vue leur mission première, qui reste de produire, au profit d'activités techniques plus intéressantes à leurs yeux.

Lorsque l'automaintenance se développe, on constate que c'en est fini des opérateurs narquois, ravis du chômage forcé durant les pannes. Ils sont désormais sensibles au bon maintien de leur outil de travail et à la recherche de la meilleure performance globale. Ils collaborent volontiers à la hauteur de leurs nouvelles compétences.